SISTEMAS FUNCIONALES

3.6 COMBUSTIBLE (I).

La energía que propulsa a un avión, independientemente del tipo de motor utilizado, se obtiene a partir de la conversión de la energía química contenida en el combustible a energía mecánica, es decir quemando combustible. Por tanto, todo avión propulsado por un motor requiere un sistema capaz de almacenar el combustible y transferirlo hasta los dispositivos que lo mezclan con el aire, o lo inyectan en los cilindros o en los quemadores.

El sistema esta compuesto por depósitos, conductos, carburador o sistema de inyección, instrumentos de medida, y otros dispositivos tales como cebador (primer), mando de mezcla, bomba de combustible, etc...

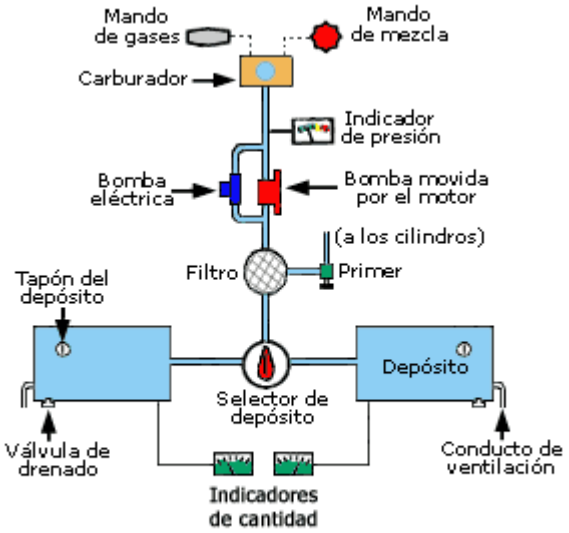

Fig.3.6.1 - Esquema de sistema de combustible.

3.6.1 Combustible.

Los aviones equipados con motores de pistón utilizan gasolina de aviación, producto líquido, incoloro, volátil e inflamable, compuesto por una mezcla de hidrocarburos, obtenida entre otros productos en el proceso de refino del petróleo, y que arde en combinación con el oxígeno liberando una gran cantidad de energía.
Entre todas las especificaciones del combustible, tales como densidad, poder calorífico, punto de congelación, etc.. la que más interesa al piloto es el octanaje. El octanaje define el poder antidetonante de un carburante en relación a una mezcla de hidrocarburos tomada como unidad base, y se expresa con un número denominado número de octano.
La gasolina de aviación se clasifica (lo mismo que la de automóvil) por número de octano o grados, y cada fabricante especifica el grado de combustible a utilizar para ese motor, siendo el más común el denominado 100LL (de color azul). En caso de no poder repostar el combustible recomendado, ocasionalmente se puede utilizar combustible de superior octanaje pero en ningún caso de octanaje inferior. Para facilitar su identificación, los carburantes están teñidos de colores, correspondiendo el rojo al 80/87 octano, azul al 100/130 y púrpura al 115/145.

Los aviones propulsados por turbina (turborreactor, turbopropulsor o turbohélice) utilizan queroseno, de propiedades similares a la gasolina, obtenido también en el proceso de refino del petróleo. Con independencia de su graduación, es incoloro o amarillo pálido. Este combustible, específico para motores de turbina, no puede emplearse de ninguna manera en motores de pistón.

Para facilitar su identificación, los carburantes están teñidos de colores, correspondiendo el rojo al 80/87 octano, azul al 100/130 y púrpura al 115/145. Una característica que aporta seguridad es que si se mezcla combustible de distintos octanajes los colores se anulan entre sí, es decir el combustible se vuelve transparente.

Para aumentar el poder antidetonante del combustible, se le solía añadir tetraetilo de plomo, pero esta práctica se abandonó en la década de los 80 debido a la toxicidad que producía en los residuos de la combustión. Otros aditivos incluyen a veces detergentes, productos antihielo, y antioxidantes.

3.6.2 Depósitos.

La mayoría de los aviones están diseñados para utilizar el espacio interior de las alas como depósitos. Aunque algunos usan cámaras de goma, lo habitual es utilizar lo que se llaman "alas húmedas", en que la propia estructura del ala hace de depósito, utilizándose selladores especiales para impedir el escape del combustible.
Los depósitos tienen una abertura para llenado, con su tapa de cierre, unas válvulas para proceder a su drenado, y unas tomas de aire ambiente. El objetivo de estas tomas es permitir que el aire sustituya al combustible gastado, manteniendo así una presión ambiente en la parte vacía del depósito. Si el depósito fuera totalmente hermético, al ir gastando combustible se generaría una depresión en la parte vacía, depresión que impediría el flujo hacia el motor.

Es posible que por condensación se formen gotas de agua en los depósitos, las cuales se depositan en la parte mas baja del depósito debido a su mayor peso. Lo mismo sucede con las impurezas. Pues bien, las válvulas de drenado, situadas en la parte más baja de los depósitos, sirven para drenar de agua e impurezas los depósitos. En algunos aviones, también hay una válvula de drenado en la parte del motor.

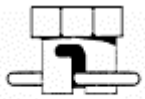

Fig.3.6.2 - Válvula de drenado.

La cantidad de combustible contenida en cada depósito se muestra al piloto mediante los correspondientes indicadores en el cuadro de mandos, la mayoría de las veces en galones USA pues la mayor parte de los aviones son de construcción estadounidense (1 galón USA equivale aproximadamente a 3,8 litros).

Fig.3.6.3 - Indicadores de cantidad de combustible.

3.6.3 Alimentación de combustible.

A veces, los sistemas de combustible se clasifican según la forma de acarrearlo desde los depósitos hasta el motor. Bajo esta perspectiva, se clasifican en sistemas de alimentación por gravedad y sistemas de alimentación por bomba de combustible. El sistema por gravedad se suele emplear en aviones de plano alto, fluyendo el combustible desde las alas hasta un conducto único hacia el motor por su propio peso. Obviamente, este sistema no puede ser utilizado en aviones de plano bajo, por lo que estos utilizan unas bombas mecánicas y/o eléctricas que bombean el combustible a presión, desde los depósitos al motor.

En este último caso, la mayoría de los aeroplanos disponen de dos sistemas a este efecto: un sistema principal cuya bomba es movida mecánicamente por el giro del motor, y un sistema auxiliar que cuenta con una bomba activada eléctricamente, la cual se utiliza para proveer presión adicional al sistema, especialmente en el arranque del motor, en despegue y aterrizaje, en el cambio de depósito mediante el selector, o en cualquier emergencia o anomalía en el sistema de combustible. Algunos aviones de plano alto también cuentan con este sistema auxiliar.

Fig.3.6.4 - Interruptor de la bomba auxiliar de combustible e indicador de presión.

En el cuadro de mandos de la cabina, se encuentra el interruptor que acciona esta bomba auxiliar, así como un indicador que muestra al piloto la presión en el sistema de combustible.

Con independencia de la forma de alimentación, los conductos de combustible pasan a través de un selector, localizado en la cabina, el cual provee al piloto de la posibilidad de abrir o cerrar el paso de combustible, y además en algunos casos seleccionar el deposito del cual se alimenta el sistema. Este mando selector puede ser de dos posiciones (On=Abierto y Off=Cerrado), o de tres posiciones (R=Depósito izquierdo, L=Depósito derecho y Off=Cerrado). La posición Off solo debe usarse para cortar el paso del combustible en un aterrizaje de emergencia y evitar de esa manera un posible incendio.

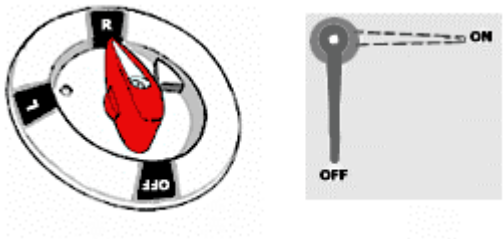

Fig.3.6.5 - Selectores de depósito.

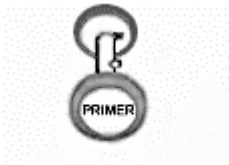

Fig.3.6.6 - Primer.

Para facilitar el arranque del motor, especialmente en tiempo frío, los aviones disponen de un dispositivo cebador, denominado *primer*, consistente en una varilla aunque los hay eléctricos, que al tirar de ella toma combustible y al empujarla inyecta el combustible aspirado directamente en el colector de admisión o en los cilindros. La varilla tiene un pequeño pitón que sirve para mantenerla bloqueada, de forma que para extraer o empujar la varilla este pitón debe hacerse coincidir con la ranura del conjunto en que se aloja.

3.6.4 Carburador.

El objetivo último del sistema de combustible consiste en proveer a los cilindros de una mezcla de aire y combustible para su ignición. Para este fin, la mayoría de los motores de pistón utilizados en aviación están equipados con un carburador o con un sistema de inyección de combustible. Los carburadores son de utilización común en motores no muy potentes debido a que son relativamente económicos y sencillos de fabricar, en tanto los motores mayores suelen tener sistemas de inyección.

El carburador consta muy esquemáticamente de: una cámara de entrada a la cual llega la gasolina por un conducto que suele contener un filtro; en esa cámara, un flotador tiene adosada una válvula de aguja que al subir o bajar con el flotador abre o cierra el conducto de entrada del combustible; una tobera circular de entrada de aire en la cual se produce un estrechamiento o Venturi, en el centro del cual se halla una boquilla de salida de gasolina; una válvula de mariposa accionada por el mando de gases en la cabina, un dispositivo de control de la mezcla, y otros elementos tales como economizador, bomba de combustible, etc...

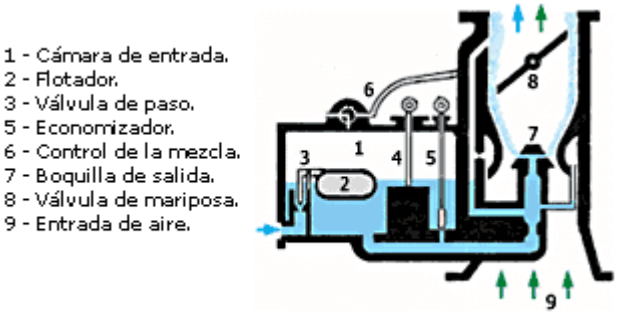

Fig.3.6.7 - Carburador.

Su funcionamiento es el siguiente: La gasolina llega a la cámara de entrada, manteniéndose un nivel constante en la misma gracias a una válvula movida por el flotador, la cual se encarga de abrir y cerrar el paso. El aire, succionado por los pistones en el ciclo de admisión, entra al carburador a través de un filtro de aire que elimina las partículas no deseadas; por la tobera de entrada, pasa a través de un estrechamiento o tubo Venturi, donde su velocidad aumenta y su presión disminuye (ver Bernoulli) de forma proporcional al flujo de aire; este decrecimiento de la presión obliga al combustible a fluir por la boquilla, donde se pulveriza y se mezcla con el aire entrante. Cualquier incremento del flujo de aire causado por una mayor velocidad del motor o por una mayor abertura de la válvula de mariposa incrementará la presión diferencial y por tanto el flujo de combustible.
Por último, la mezcla pasa a través de la válvula de mariposa al colector de admisión y desde este a los cilindros (ciclo de admisión).
El ratio de volumen aire/combustible establecido debería ser mantenido a medida que el flujo se incrementa, pero existe una tendencia al enriquecimiento de la mezcla que se compensa con la inclusión de economizadores. Asimismo, para proveer un medio de enriquecer rápidamente la mezcla suelen contar con una bomba de aceleración. En el siguiente capítulo se detalla el dispositivo de control de la mezcla.

3.6.5 Inyección de combustible.

Los sistemas de inyección de gasolina ya estaban disponibles en motores aeronáuticos antes de la II Guerra Mundial, y han sido profusamente empleados en aviación, pero aunque el rendimiento de los motores con este sistema es excelente, el mayor coste comparado con el sistema de carburador ha limitado su aplicación.

Como su nombre indica, un motor de inyección inyecta directamente el combustible, durante el ciclo de admisión, en los cilindros o en la entrada de la válvula de admisión, mezclándose de esta manera con el aire. Este tipo de sistema requiere bombas de alta presión, una para todos los cilindros o una por cilindro (multibomba), una unidad de control de aire y combustible, un distribuidor de combustible e inyectores de descarga en cada cilindro, lo cual lo encarece respecto a los sistemas de carburador. Al igual que en los motores con carburador, el piloto controla el flujo de combustible ajustando el control de la mezcla.

La inyección de combustible presenta varias ventajas, en relación con los sistemas de carburador, que compensan su mayor costo y complejidad.

- Al no existir carburador no hay posibilidad que se produzca hielo en el mismo, aunque en ambos sistemas el hielo que entra por el conducto de admisión del aire puede bloquearlo.
- Mejor flujo de combustible.

- Respuesta más rápida del acelerador.
- Control exacto de la mezcla.
- Mejor distribución del combustible.
- Arranques más fáciles a bajas temperaturas.

La inyección de combustible presenta también algunas desventajas tales como:

- Es más difícil poner en marcha un motor caliente.
- Se forman tapones de vapor durante las operaciones en tierra en días calurosos.
- Es más difícil rearrancar un motor parado por falta de combustible.

3.6.6 Detonación.

Para aprovechar de forma eficiente toda la energía liberada por la combustión de la mezcla de aire y combustible en los cilindros, esta combustión debe producirse de una manera progresiva y no muy rápida. Pues bien, la detonación es la combustión espontánea, violenta y excesivamente rápida de esta mezcla. Este fenómeno se produce a causa de las altas relaciones de compresión que alcanza la mezcla dentro de los cilindros, lo cual puede provocar la detonación de dicha mezcla. El octanaje del combustible mide la capacidad antidetonante de este, de manera que a mayor número de octano mayor es la capacidad antidetonación del combustible, o lo que es lo mismo, mayor relación de compresión soporta.
La detonación es un fenómeno no deseado, debido a que no aprovecha de forma eficiente la energía de la combustión y a que somete a los componentes del motor a esfuerzos estructurales que pueden dañarlo. La posibilidad de detonación aumenta con la potencia y depende de:

- Octanaje: A menor octanaje mayor riesgo de detonación.
- Riqueza de la mezcla: Las mezclas pobres aumentan la posibilidad de detonación.
- Temperatura: Cuanto mayor es la temperatura del aire de entrada mayor es el riesgo de detonación.
- Presión de admisión: A mayor presión de admisión mayor posibilidad de detonación.

La detonación se reconoce por un golpeteo intermitente y con sonido metálico en el motor, pérdida de potencia, y elevación anormal de la temperatura del motor.

Sumario:

- La función del sistema de combustible es proveer un medio de almacenarlo, transferirlo al motor, y mezclado con el aire pasarlo a los cilindros para su combustión.
- El sistema esta compuesto por depósitos, conductos, carburador o sistema de inyección, instrumentos de medida, y otros dispositivos tales como cebador (primer), mando de mezcla, bomba de combustible, etc.
- El combustible empleado en los motores de pistón es gasolina de aviación, interesando al piloto principalmente su octanaje. En los motores de turbina se utiliza queroseno.
- El octanaje define el poder antidetonante de un carburante en relación a una mezcla de hidrocarburos tomada como unidad base, y se expresa con un número denominado número de octano.
- La mayoría de los aviones tienen los depósitos de combustible en las alas, en lo que se conoce como "alas húmedas".
- Los depósitos tienen una abertura con su tapón de cierre, válvulas para drenarlos de agua e impurezas, y unas tomas de aire ambiente que evitan que se forme una depresión en la parte vacía del depósito.
- La cantidad de combustible contenida en cada depósito se muestra al piloto mediante unos indicadores en el cuadro de mandos.

- La alimentación de combustible desde los depósitos puede hacerse mediante gravedad (aviones con plano alto), o mediante el uso de bombas de combustible (aviones con plano bajo). En ambos casos, un selector permite abrir o cortar el paso de combustible, y además en algunos casos seleccionar el depósito de suministro.
- Junto con la bomba de combustible principal, movida por el motor, suele existir una bomba auxiliar accionada eléctricamente por el piloto mediante un interruptor en la cabina. La presión del sistema de combustible se muestra mediante un indicador en el cuadro de mandos.
- El primer o cebador es un dispositivo que aporta combustible, en los cilindros o en el colector de admisión, para ayudar al arranque del motor a bajas temperaturas.
- La mezcla de aire y combustible en los cilindros puede lograrse mediante el uso de carburador o por medio de un sistema de inyección de combustible.
- En el carburador, el combustible se mezcla con el aire a la entrada del colector de admisión, gracias al efecto Venturi provocado por un estrechamiento en el propio carburador.
- El sistema de inyección, inyecta el combustible directamente en los cilindros o justamente en la entrada de las válvulas de admisión.
- El sistema de carburador está más extendido debido a su mayor sencillez de construcción y por tanto su menor coste.
- Se denomina detonación a la combustión espontánea de la mezcla de aire y combustible, debida sobre todo a la alta relación de compresión en los cilindros.
- A mayor número de octano, mayor es la capacidad antidetonante del combustible.

© M.A.Muñoz Nov/2000